Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 389-403
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۰۳-۳۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تغییرات رشدی گیاه کرفس (*Apium graveolens*) تحت تیمار ورمی کمپوست و قارچ *Trichoderma harzianum* BI

شهاب الدین آهوئی[۱]- لادن آژدانیان[۲]- سید حسین نعمتی[۳]- حسین آروئی[۴]*- مهدی بابائی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

چکیده

با توجه به اهمیت کودهای زیستی و استفاده بهینه از آنها در کشاورزی پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ورمی‌کومپوست و قارچ تریکودرما بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه کرفس پایه‌ریزی شد. این طرح به صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ غلظت قارچ *Trichoderma harzianum* جدایه BI : صفر درصد (شاهد)، ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد حجم۵۰ لیتری آب مصرفی و همچنین ۴ تیمار ورمی کمپوست شامل: صفر درصد (شاهد)، ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد حجم گلدان با ۳ تکرار اجرا شد. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از اثر مثبت کاربرد توام ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما بود. به طوری‌که بیشترین وزن خشک ساقه (۴۹/۲۳ گرم)، تعداد برگ (۴۶ عدد)، قطر ساقه (۱۵ میلی‌متر) و میزان کلروفیل و کاروتنوئید در کاربرد ورمی‌کمپوست × قارچ تریکودرما نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. طول ساقه اصلی به میزان (۷۷/۲۰ سانتی‌متر) تحت تاثیر قارچ با غلظت ۱۰ درصد در بیشترین میزان نسبت به سایر تیمارها بود، همچنین تیمار ۵۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست بیشترین طول ریشه (۳۶/۶۶ سانتی‌متر) را داشت. بیشترین میزان کلروفیل a در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد و غلظت قارچ ۱۵ درصد (۱۰/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. به طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست در بستر کشت و استفاده از عصاره قارچ تریکودرما با تیمار هم زمان از عصاره قارچ ۱۵ درصد × ورمی‌کمپوست ۷۵ باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه کرفس می‌شوند که می‌توان استفاده از آنها را در جهت بهبود رشد و عملکرد گیاه کرفس توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: جدایه Bi، غلظت، کود زیستی، مورفولوژیکی

مقدمه

کرفس با نام علمی *Apium graveolens* از خانواده Apiaceae، گیاهی دوساله و محصول فصل خنک است که در ابتدا به عنوان گیاه دارویی، سپس به عنوان گیاه ادویه‌ای و در آخر به عنوان یک گیاه خوراکی کشت شده است. کرفس حاوی مقادیر نسبتا خوبی از ویتامین آ، پتاسیم و سدیم می‌باشد و هر ۱۰۰ گرم کرفس تازه ۱۶ کیلوکالری انرژی و ۹۵ درصد آب دارد (CCRAB[۶]). در دهه‌های گذشته به دلیل مصرف کودهای شیمیایی اثرات زیست محیطی متعددی از جمله انواع آلودگی‌های آب و خاک و مشکلاتی در خصوص سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده به وجود آمد. سیاست کشاورزی پایدار و توسعه پایدار کشاورزی، متخصصین را بر آن داشت که هرچه بیشتر از موجودات زنده درخاک در جهت تأمین نیازهای غذایی گیاه کمک بگیرند و بدین سان بود که تولید کودهای زیستی آغاز شد (۷ و ۲۰). در بین ابزارهای بیولوژیکی مورد استفاده توسط محققان در زمینه کشاورزی پایدار می‌توان به قارچ تریکودرما و گونه‌های مختلف آن اشاره کرد. براساس پژوهش‌های مختلف به‌نظر می‌رسد که این میکروارگانیسم با دارا بودن توان رقابت غذایی و مکانی بالا، استقرار و اسپورزایی فراوان در محیط خاک و به‌ویژه اطراف ریشه اغلب گیاهان زراعی و غیرزراعی و توان القاء مقاومت در گیاه، نه تنها باعث کاهش عوامل بیمارگر در خاک می‌شود بلکه در مواردی به همراه یک سری مکانیسم‌های بیوشیمیایی باعث تحریک به رشد اندام‌های زیرزمینی یا هوایی برخی از این گیاهان می‌گردد (۷، ۱۷، ۱۸، ۲۰ و ۵۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که قارچ تریکودرما تحت مکانیسم‌های خاصی مانند ترشح آنزیم (زیلاناز و سلولاز که می‌توانند مستقیماً تولید اتیلن در گیاه را به منظور واکنش دفاعی در حضور عامل بیماریزا

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری باغبانی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: aroiee@um.ac.ir)
۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی و ژنتیک ملکولی گیاهان باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.75798
6- California Celery Research Advisory Board

تحریک نمایند)، تولید آنتی بیوتیک، نفوذ به باکتری‌ها و قارچ‌های بیماریزا، دفع مسمومیت و افزایش انتقال قند و اسیدهای آمینه در ریشه گیاهان موجب ایجاد مقاومت القائی در برابر تنش و کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاکزی می‌شود (۱۷). میزان افزایش رشد گیاهان تحت تأثیر قارچ تریکودرما در میزبان‌های مختلف متفاوت بوده است. به عنوان مثال، زمانی‌که تریکودرما (به صورت سوسپانسیون کنیدی) به عنوان افزایش دهنده رشد به خاک اضافه گردید موجب افزایش وزن خشک گیاه در گوجه‌فرنگی و فلفل شد. همچنین علاوه بر مزایای کنترل بیولوژیک این گونه قارچ‌ها، بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و خصوصیات رشدی گیاهانی مانند زیره (۱۶)، خیار (۵۴)، اسفناج (۳۴)، نخود فرنگی (۲۶)، سویا (۵۳)، قارچ صدفی (۲۲)، در تیمار با گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما مانند *T. virens*، T. viridae، *T. hamatum*، *T. koningii* و به ویژه *T. harzianum* گزارش شده است.

بر خلاف کودهای سنتی یا بقایای دامی، فرایند کمپوست کردن یک مدیریت فعال بقایای آلی به منظور بهینه سازی شرایط می‌باشد و امکان تجزیه سریع و اتلاف کمتر مواد مغذی را فراهم می‌کند (۳۳). یکی از چالش‌های اصلی در سیستم‌های ارگانیک، همزمانی آزاد سازی مواد مغذی (به ویژه نیتروژن) از مواد آلی، مطابق با نیاز محصول می باشد. امروزه عامل‌های زیستی مانند تریکودرما، برای بهبود اثر بخشی اصلاح کننده‌های آلی، بهبود در جذب مواد مغذی و رشد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴۹). ورمی‌کمپوست یک اصلاح کننده آلی غنی از مواد مغذی و فعال از نظر میکروبیولوژیکی است که در نتیجه عمل متقابل بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها هنگام تجزیه ماده آلی تولید می‌شود (۲۷). این نوع کود آلی شامل فضولات گونه‌های خاصی از کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر، تبدیل و نسبی باز مانده‌های آلی در طی عبور از دستگاه گوارش این جانوران به وجود می‌آید (۳). در طی تحقیقات صورت گرفته مشخص شد که ورمی کمپوست تاثیر مثبتی بر روی رشد، توسعه گیاه و عملکرد محصولات زراعی دارد (۳۱). همچنین تاثیر مثبت ورمی کمپوست بر فلفل، گوجه فرنگی، ریحان و گیاهان دیگر و تاثیر آن بر عملکرد وزنی، کیفیت و بلوغ آنها بررسی شده است (۹). آتیه و همکاران (۲۰۰۲) ، ماسکولو و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که ورمی‌کمپوست ها دارای هومات ها هستند (۵ و ۳۵). برخی از اثرات این مواد، نشان دهنده این است که رشد گیاهان خیلی شبیه به کاربرد مواد تنظیم کننده رشد و هورمون‌های گیاهی می‌باشد(۴۷ و ۱). ثابت شده است که در شرایط گلخانه‌ای غلظت‌های کم اسید هیومیک استخراج شده از ورمی‌کمپوست به علت افزایش تجمع عناصر غذایی باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (۵). آرانکون و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که افزایش مواد هیومیکی در ورمی‌کمپوست‌ها می‌تواند دلیلی برای افزایش عملکرد رشد در توت فرنگی باشد (۲). ماسکولو و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که مواد هیومیکی استخراج شده از ورمی‌کمپوست، مواد اکسین مانندی ترشح می‌کنند که برای رشد سلول و متابولیسم نیترات در هویج موثرند (۳۵).

با توجه به موارد مطرح شده لزوم تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار هدف این تحقیق بررسی اثر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و غلظت‌های گوناگون قارچ تریکودرما جدایه Bi بر روی خصوصیات مختلف گیاه کرفس بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی اثرات قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود زیستی محرک رشد در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با میانگین دما شبانه روز ۲۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۴۰ درصد پایه ریزی و اجرا شد. تحقیق حاضر، به صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل ۴ غلظت قارچ تریکودرما هاریزیانوم جدایه BI (*Trichoderma harzianum* BI): صفر درصد (شاهد)، ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد حجم۵۰ لیتری آب مصرفی بود. فاکتور دوم نیز شامل۴ تیمار ورمی کمپوست: صفر درصد (شاهد)، ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد حجم گلدان بود. جدایه مورد استفاده تریکودرما هارزیانوم از کلکسیون قارچ معتبر و ایزوله شده گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. به منظور تهیه عصاره قارچ پس از انتقال قسمتی از پیکر رویشی قارچ به درون محیط کشت سیب زمینی دکسترو آگار، در پتری دیش‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر (در اتوکلاو و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۵ روز نگهداری شدند تا قارچ‌ها به رشد مناسبی جهت انتقال مرحله بعد برسند. از محیط کشت نیمه انتخابی داوه (Davest) که شامل یک گرم کلسیم نیترات، یک گرم کلسیم کلرید، ۲۵۰ میلی‌گرم پتاسیم نیترات، ۲۵۰ میلی‌گرم منوپتاسیم فسفات، ۵۰ میلی‌گرم اسید سیتریک، ۲ گرم سوکروز، ۲۵ گرم آگار، ۳۰ میلی‌گرم سولفات استرپتومایسین به ازای هر لیتر آب مقطر و محیط کشت دارای ۰/۲ گرم سولفات منیزیم، ۰/۹ گرم دی پتاسیم فسفات، ۱/۵ گرم کلرید پتاسیم، ۳ گرم گلوکز، ۲۰ گرم آگار به‌ازای هر لیتر آب مقطر بود، استفاده شد (۴۰). این محیط کشت درون ارلن‌هایی ۲ لیتری که از قبل به وسیله اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در فشار ۱۰ اتمسفر استریل شده بودند ریخته شد. سپس انتقال پرگنه جدایه‌های قارچ به داخل ارلن‌ها انجام شد؛ بدین منظور با استفاده از اسکارپل

قطعاتی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از پیکر رویشی قارچ‌ها که همراه با محیط کشت سیب زمینی دکسترو آگار بود به ارلن‌ها منتقل شد و پس از هر بار انتقال اسکارپل مورد استفاده توسط شعله چراغ استریل گردید. ارلن‌ها به جهت هوادهی بر روی شیکر[1]، به مدت ۸ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از این مدت فاز جامد از فاز مایع توسط یک پارچه ململ که ته آن پشم شیشه ریخته شده بود، جدا شده و فاز مایع (عصاره) جهت استفاده در مراحل بعدی در یخچال نگهداری شد. جهت تغذیه و آبیاری گیاهان، میزان کل نیاز روزانه به آبیاری (محلول غذایی+ عصاره قارچ) ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد، ۲۰ درصد از این مقدار شامل عصاره جدایه BI قارچ تریکودرما و۸۰ درصد از کل نیاز روزانه گیاه از محلول غذایی هوگلند[2] تأمین گردید. در همین مدت دوره آبشویی کامل جهت شستشوی نمک‌های تجمع یافته در بستر کشت انجام شد. جهت اعمال تیمار ورمی‌کمپوست، ابتدا حجم گلدان‌ها اندازه‌گیری شد که بر این اساس ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از حجم گلدان با ورمی‌کمپوست پر گردید. بذور کرفس در سینی‌های نشاء به صورت سطحی کاشته شد. نشاءها بعد از گذشت ۱۰ هفته آماده انتقال به بستر اصلی شدند. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بودند. بستر کشت گیاه، مخلوطی شامل ۲۰ درصد کوکوپیت و ۸۰ درصد پرلایت بود که ریشه در این بستر به راحتی قابل جداسازی باشد. پس از برداشت کامل گیاهان در زمان رسیدن به اندازه تجاری، زمانی که دسته کاملی از مجموعه دمبرگ‌ها ایجاد شد (۴۰ روز بعد از نشاء) صفات مورفولوژیکی که شامل: وزن تر و خشک ریشه و ساقه، تعداد برگ، قطر ساقه، طول ساقه و ریشه مورد بررسی قرار گرفتند. وزن تر و خشک ریشه گیاه، با استفاده از ترازوی دیجیتال مارک AND با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. وزن خشک پس از قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، تعیین شد. همچنین قطر ساقه با استفاده از دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه گیری شد. طول ریشه و ساقه به طور جداگانه در آزمایشگاه به وسیله خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه گیری شد. مقدار کلرفیل a، b و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر، ۶۵۳ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد و در نهایت با استفاده از رابطه ۱ میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد (۱۲). داده‌های حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم افزار JMP8 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

$$Chl\ a = 15.65\ A_{666} - 7.340\ A_{653} \qquad (۱)$$
$$Chl\ b = 27.05\ A_{653} - 11.21\ A_{666}$$
$$C_{x+c} = \frac{1000\ A_{470} - 2.860\ Chl\ a - 129.2\ Chl\ b}{245}$$
$$Chl\ T = Chl\ a + Chl\ b + C_{x+c}$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ تریکودرما بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه کرفس در جداول (۲ و ۱) آورده شده است. در ادامه هر صفت به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

وزن تر ساقه

بر اساس جدول ۱ استفاده از قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن تر ساقه اثر معنی داری داشت، همچنین تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل این دو تیمار بر روی وزن تر ساقه اثر معنی‌داری نداشت. سطح ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست بیشترین میزان وزن تر ساقه (۳۶۷/۶۶ گرم) را نسبت به سطوح دیگر داشت. پس از آن سطح ۵۰ درصد قرار گرفت و کمترین میزان را شاهد (۱۴۰/۹۱ گرم) نشان داد (جدول ۴). در تیمار غلظت‌های مختلف قارچ سطح ۱۵ درصد بیشترین میزان وزن تر ساقه (۳۴۰/۵۸ گرم) را نسبت به تیمارهای دیگر داشت و در میان غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین وزن تر ساقه به میزان ۲۴۱/۵۸ گرم در تیمار شاهد نشان داده شد (جدول ۳). بسیاری از محققان بر این باورند که به طور عمده جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما با تولید مواد بیوشیمایی باعث تحریک رشد گیاهان می‌شوند و یا باعث کاهش اثرات ممانعت از رشد برخی ترکیبات، توکسین‌های زیستی و شیمایی می‌شوند (۱۱، ۳۸ و ۵۰). بر اساس گزارشات موجود، کاربرد ورمی‌کمپوست با غلظت ۳۰ درصد حجمی در گیاه زینتی لیلیوم باعث افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و همچنین ارتفاع گیاه شد (۳۲). همچنین وزن تر و خشک ساقه گیاه لوبیا تحت تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد داشت که با نتایج این تحقیق هم راستا می‌باشد (۲۴). این در حالی است که محققان معتقدند افزایش وزن تر و خشک پیکره گیاه در صورت کاربرد ورمی‌کمپوست، احتمالا به دلیل وجود مقدار بالای اسیدهای هیومیک در این کود زیستی می‌باشد (۴۸).

1- Shecker
2- Hogaland

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر ورمی کمپوست و غلظت های مختلف قارچ بر وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه و ریشه در گیاه کرفس

Table 1- ANOVA (Mean Squares) for the effect of vermicompost and different Fungal concentrations on stem fresh and dry weight, root fresh and dry weight and stem and root length in celery

منابع تغییر Source of variation	df	میانگین مربعات					
		Stem fresh weight وزن تر ساقه	**Shoot dry weight** وزن خشک ساقه	**Root fresh weight** وزن تر ریشه	**Root dry weight** وزن خشک ریشه	**Stem length** طول ساقه	**Root length** طول ریشه
غلظت قارچ Concentration of fungus	3	32419.5^{*}	285.69^{*}	6024.76^{**}	134.29^{**}	780.49^{**}	18.42^{ns}
ورمی کمپوست Vermicompost	3	115796.7^{**}	1190.04^{**}	6019.36^{**}	147.28^{**}	125.26^{*}	91.72^{*}
غلظت قارچ×ورمی کمپوست Concentration of fungus × Vermicompost	9	7166.3^{ns}	156.18^{*}	801.16^{*}	30.37^{*}	27.81^{ns}	39.96^{ns}
خطا Error	32	4211.3	45.41	231.81	13.06	36.29	21.16

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری

*: Significant at $p \leq 0.05$. **: Significant at $p \leq 0.01$. ns: non- significant.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر ورمی کمپوست و غلظت های مختلف قارچ بر تعداد برگ، قطر ساقه فرعی و رنگیزه‌های برگ کرفس

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effect of vermicompost and different fungal concentrations on leaf number, stem diameter, and leaf pigments of celery

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات					
		Number of leaves تعداد برگ	**Stem diameter** قطر ساقه	**Chlorophyll a** کلروفیل a	**Chlorophyll b** کلروفیل b	**Carotenoids** کاروتنوئید	**Total chlorophyll** کلروفیل کل
غلظت قارچ Concentration of fungus	3	297.47^{**}	13.86^{**}	14.57^{*}	1.72^{**}	1.43^{**}	**25.4^{ns}**
ورمی کمپوست Vermicompost	3	691.36^{**}	33.51^{**}	1.92^{ns}	0.45^{ns}	0.24^{*}	**2.25^{ns}**
غلظت قارچ×ورمی کمپوست concentration of fungus × Vermicompost	9	118.75^{**}	4.64^{*}	13.32^{**}	1.43^{**}	0.16^{*}	**4.56^{ns}**
خطا Error	32	11.56	1.34	0.72	0.16	0.05	**9.34**

** ، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری

*: Significant at $p \leq 0.05$. **: Significant at $p \leq 0.01$. ns: non-significant.

جدول ۳- اثر قارچ تریکودرما بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه کرفس

Table 3- The effect of *Trichoderma* on some morphological traits of celery

غلظت تریکودرما **Concentration of Trichoderma (%)**	وزن تر ساقه **Stem fresh weight (g)**	طول ساقه **Stem length (cm)**
شاهد Control	241.58 c	57.87c
5	277.58 b	70.75 ab
10	292.5 b	77.2 a
15	340.58 a	67.25 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$ ،LSD) نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (LSD, $p<0.05$).

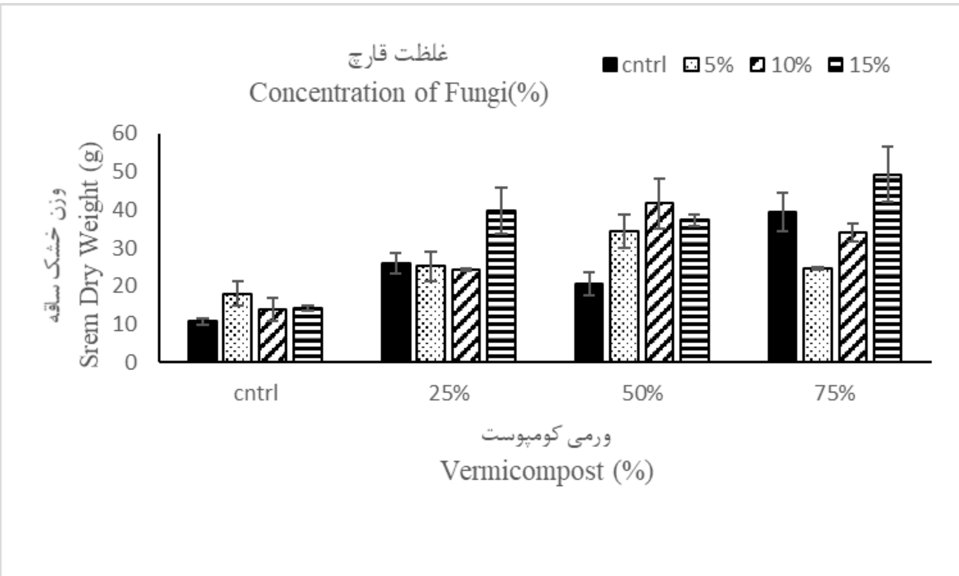
جدول ٤- اثر ورمی‌کمپوست بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه کرفس
Table 4- The effect of vermicompost on some morphological traits of celery

ورمی کمپوست Vermicompost (%)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	طول ساقه Stem length (cm)	طول ریشه Root length (cm)
شاهد Control	140.91 d	63.67 b	35.45 a
25	295.66 c	69.08 a	36.5 a
50	321 b	71.25 a	36.66 a
75	367.66 a	69.08 a	30.78 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (LSD, *p<0.05*) نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (LSD, *p<0.05*).

وزن خشک ساقه

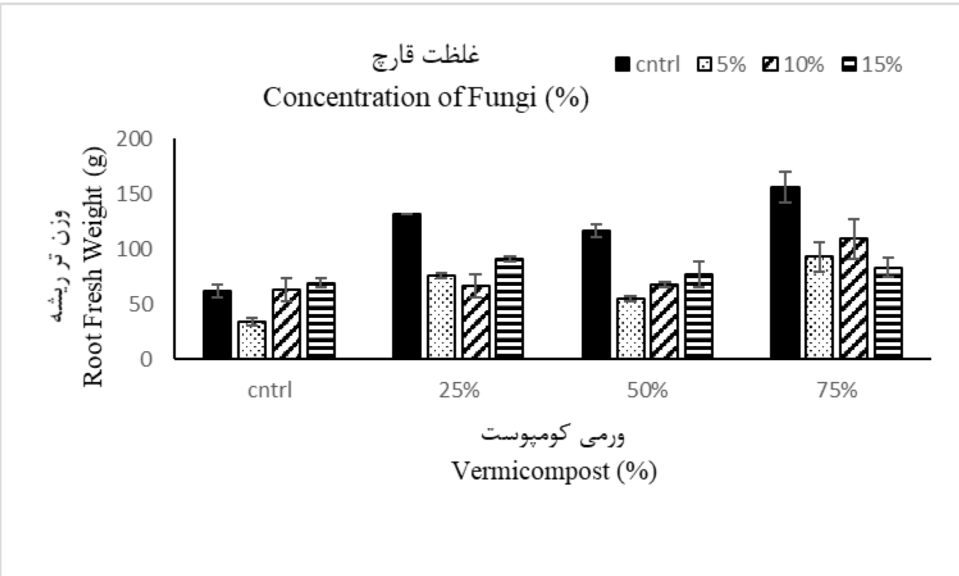
با توجه به نتایج تجزیه واریانس استفاده از قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به همراه هم در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه گیاه کرفس اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). اثر ساده کاربرد هر کدام از این تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد برای کاربرد قارچ و در سطح احتمال ۱ درصد برای استفاده از ورمی‌کمپوست اثر معنی داری داشت. اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر وزن خشک ساقه در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان وزن خشک ساقه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد (۴۹/۲۳ گرم) مشاهده شد که با اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد و همچنین با اثر متقابل ورمی کمپوست ۲۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک ساقه در اثر متقابل سطح ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت‌های مختلف قارچ مشاهده شد به این معنی که غلظت‌های مختلف قارچ به تنهایی نتوانستند در میزان وزن خشک ساقه افزایش ایجاد کند (شکل ۱). جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما باعث افزایش رشد در گیاهان می‌شوند که این تحریک در میزان رشد بر اساس تولید مواد شیمیایی است (۱۱، ۳۸ و ۵۰). در یک آزمایش گلخانه‌ای اضافه کردن سوسپانسیون کنیدیایی تریکودرما به بستر کاشت افزایش معنی‌داری در وزن خشک گیاهانی مثل گوجه فرنگی، فلفل و خیار شد (۸). همچنین بر اساس آزمایشات صورت گرفته بر روی بوته‌های گوجه فرنگی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از تیمار تریکودرما باعث افزایش ۱۵/۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی این گیاه می‌شود (۳۰) که با نتایج این تحقیق هم سو می‌باشد.



شکل ۱- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر روی میزان وزن خشک ساقه در گیاه کرفس
Figure 1- The Interaction effect of vermicompost ×fungal concentration on the stem dry weight in Celery (LSD, *p≤0.05*)

وزن تر ریشه

قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست هر کدام در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان وزن تر ریشه اثر معنی‌داری گذاشتند (جدول ۱)، همچنین کاربرد این دو تیمار به همراه هم نیز بر روی میزان وزن تر ریشه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر وزن تر ریشه در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان وزن تر ریشه در اثر متقابل ورمی کمپوست ۷۵ درصد در غلظت صفر درصد غلظت قارچ (۱۵۶/۰۳ گرم) مشاهده شد که با اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت قارچ صفر درصد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان وزن تر ریشه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست صفر درصد به همراه غلظت قارچ ۵ درصد (۳۳/۷۳ گرم) مشاهده شد (شکل ۲). در بررسی درصدهای متفاوتی از تریکودرما، جدایه‌ها اثرات متفاوتی را در وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه کاهو نشان دادند (۳۸). نتایج مطالعه قارچ تریکودرما بر شاخص‌های رشدی گیاه خیار نشان داد که وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه‌ها با افزایش غلظت قارچ افزایش می‌یابند به طوری‌که ۲۵/۸ درصد وزن تر اندام هوایی و ۲۰/۴ درصد وزن تر ریشه نسبت به شاهد افزایش داشت. این محققین این گونه نتیجه گرفتند که استفاده از قارچ تریکودرما به عنوان محرک رشد گیاهی در تولیدات گیاهی اثر ویژه‌ای خواهد داشت (۲۳ و ۵۲). همچنین تحقیقاتی که بر روی گوجه فرنگی صورت گرفت نشان دهنده اثر مثبت قارچ تریکودرما در افزایش میزان وزن تر و خشک اندام هوایی و زیر زمینی نسبت به تیمار شاهد بود (۳۹). در نهایت این افزایش وزن تر و خشک در اندام‌های هوایی و زمینی به علت خاصیت تنظیم کنندگی فاکتورهای رشدی در گیاه می‌باشد (۵۲). همان طور که در ادامه نتایج این پژوهش خواهیم دید، ورمی‌کمپوست باعث افزایش میزان کلروفیل نیز می‌شود، بنابراین باعث افزایش میزان فتوسنتز و سوخت و ساز در گیاه می‌شود که خود باعث افزایش در میزان وزن تر و خشک است که با نتایج سایز محققین همسو می‌باشد (۲۳ و ۴۵).



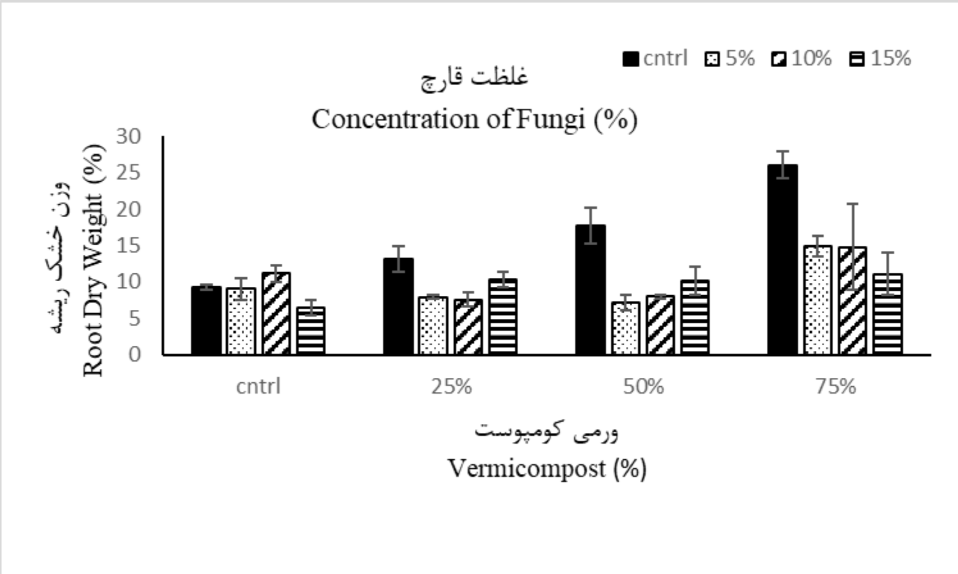
شکل ۲- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر روی میزان وزن تر ریشه در گیاه کرفس

Figure 2- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on the fresh weight of roots in Celery (LSD, $p \leq 0.05$)

وزن خشک ریشه

قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست هر کدام در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان وزن تر ریشه اثر معنی‌داری گذاشتند (جدول ۱)، همچنین کاربرد این دو تیمار به همراه هم نیز بر روی میزان وزن تر ریشه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر وزن خشک ریشه در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان وزن خشک ریشه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت صفر درصد غلظت قارچ (۲۶/۰۵ گرم) مشاهده شد و بعد از آن اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ صفر درصد بیشترین میزان را داشت. کمترین میزان وزن خشک ریشه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۱۵درصد (۶/۵۱ گرم) مشاهده شد (شکل ۳). همان‌طور که سایر تحقیقات نشان

می‌دهند، استفاده از تیمار ورمی‌کمپوست باعث افزایش ۱۵ تا ۲۰ درصدی وزن خشک اندام هوایی و زمینی گیاه می‌شود (۴، ۹ و ۲۳) که با نتایج این تحقیق هم سو می‌باشد. زیرا که ورمی‌کمپوست با تاثیر بر افزایش میزان کلروفیل به صورت مستقیم بر میزان فتوسنتز و سوخت و ساز در گیاه نیز اثر بیشینه دارد که در نهایت افزایش میزان وزن تر و خشک در گیاه را می‌توان دید.



شکل ۳- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان وزن خشک ریشه در گیاه کرفس

Figure 3- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on the dry weight of roots in Celery (LSD, $p \leq 0.05$)

طول ساقه

نتایج نشان دهنده اثر معنی‌دار کاربرد قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۱ درصد و کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد است (جدول ۱). این در حالی است که اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نشد. با توجه به جدول ۴، بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی بین تیمار شاهد و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و شاهد کمترین میزان طول ساقه (۶۳/۶۷ سانتی‌متر) را نشان داد. در تیمار غلظت‌های مختلف قارچ سطح ۱۰ درصد بیشترین میزان طول ساقه (۷۷/۲ سانتی‌متر) را نسبت به تیمارهای دیگر داشت و بعد از آن غلظت ۵ درصد بیشترین میزان و کمترین میزان را شاهد (۵۷/۷۸ سانتی‌متر) نشان داد (جدول۳). اثر مثبت قارچ تریکودرما بر روی نشاء گوجه فرنگی و خیار با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۳۶). نتایج ما در این تحقیق در رابطه با تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر ارتفاع با نتایج سایر محققان بر روی بادمجان، بامیه و گوجه فرنگی (۱۳)، بر گوجه فرنگی و همیشه بهار و همچنین بر روی هویج (۳۵) مطابقت دارد. علت این افزایش ارتفاع نسبت به تیمار شاهد مربوط به تحریک تولید مواد شبه اکسینی می‌دانند (۳۵). می‌توان نتیجه گرفت که احتمالا خواص فیزیکی و شیمیایی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگه داری عناصر غذایی (۲۵) و افزایش هورمون‌های تنظیم کننده رشد (۳۱ و ۱۰) و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (۶) باعث افزایش تجمع ازت توسط گیاه می‌شود و با این افزایش رشد گیاه، از جمله ارتفاع، سطح برگ، تعداد برگ، وزن‌تر و خشک نیز افزایش می‌یابند.

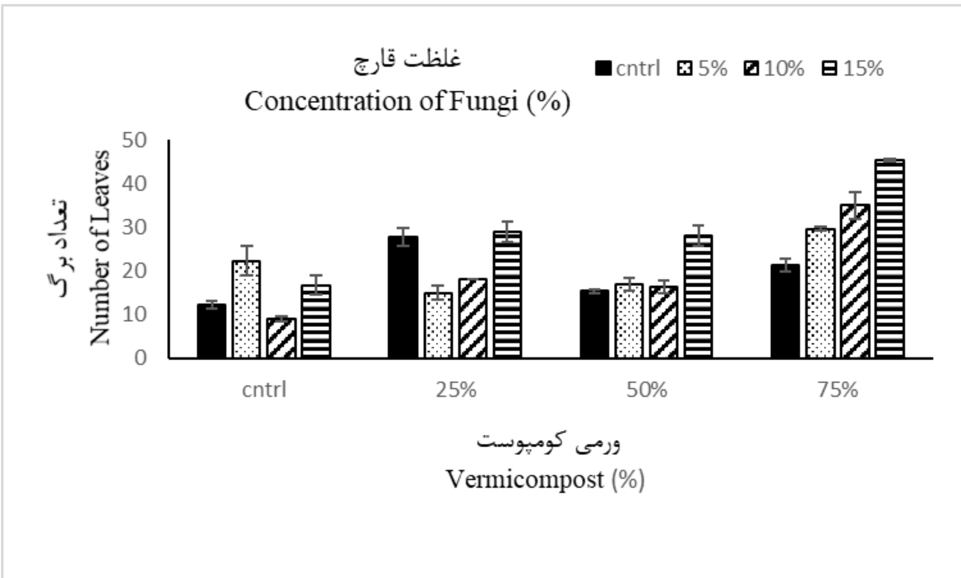
طول ریشه

بر اساس جدول ۱ تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد به تنهایی بر روی مقدار طول ریشه گیاه کرفس اثر معنی‌داری داشت و تیمارهای دیگر مثل کاربرد قارچ تریکودرما و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری نداشتند. با توجه به جدول ۳ بین سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین میزان طول ریشه در سطح ۷۵ درصد ورمی کمپوست (۳۰/۷۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین طول ریشه در بیشترین سطح ورمی‌کمپوست دیده شد که علت آن کاهش رشد ریشه در غلظت‌های بالای ورمی کمپوست (۵)، ناشی از سمیت عناصر غذایی (۱۵) و شوری محیط ریشه و کاهش رشد گیاه می‌باشد. در صورتی که غلظت‌های بالایی از ورمی‌کمپوست در محیط استفاده شود به دلیل ایجاد تنش اسمزی در محیط و حتی افزایش غلظت برخی هورمون‌ها مثل اکسین که در صورت افزایش تنش اسمزی این هورمون اثر

بازدارنده خواهد داشت، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که تحت این شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست اثر منفی بر روی رشد خواهد گذاشت (۴۱).

تعداد برگ

به کارگیری قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به تنهایی و به همراه هم در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر تعداد برگ‌های گیاه کرفس داشت (جدول ۲). اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر تعداد برگ در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین تعداد برگ در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد (۴۵ عدد) مشاهده شد و بعد از آن اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد و همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد بیشترین تعداد را داشتند. کمترین میزان تعداد برگ در اثر متقابل سطح ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد مشاهده شد (شکل ۴). توان ترشح ترکیبات بیوشیمایی و آنزیم‌های مختلف، رقابت تغذیه‌ای بالا نسبت به عوامل بیماری‌زا در محیط و از همه مهم‌تر توان ایجاد و القاء مقاومت با تحریک گیاه به تولید ترکیبات فیتوتوکسینی از مهم‌ترین خصوصیات گونه‌های مختلف جنس تریکودرما محسوب می‌شود (۴۶) که بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت قارچ تریکودرما با کمک به سنتز کلروفیل در گیاه و سرکوب پاتوژن‌های بیماری‌زا موجب افزایش رشد و افزایش تعداد برگ در گیاه شده است. همچنین در سایر تحقیقات گزارش شده است که کاربرد سویه‌های مختلف تریکودرما می‌تواند بر تعداد برگ نشاء گوجه فرنگی اثر مثبت بگذارد (۳۶). در آزمایشی که بر روی ذرت انجام شد، استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد شد (۴۴) همچنین در تعداد برگ سویا استفاده از ورمی‌کمپوست باعث اختلاف معنی دار نسبت به تیمار شاهد شد (۲۸). همان طور که گفته شد، احتمالا به دلیل افزایش ماده آلی در بستر کشت، ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث افزایش رشد در گیاه و در نهایت افزایش تعداد برگ شود که افزایش تعداد برگ کرفس تحت تیمار ورمی‌کمپوست در این تحقیق با نتایج سایر محققین هم راستا بود.



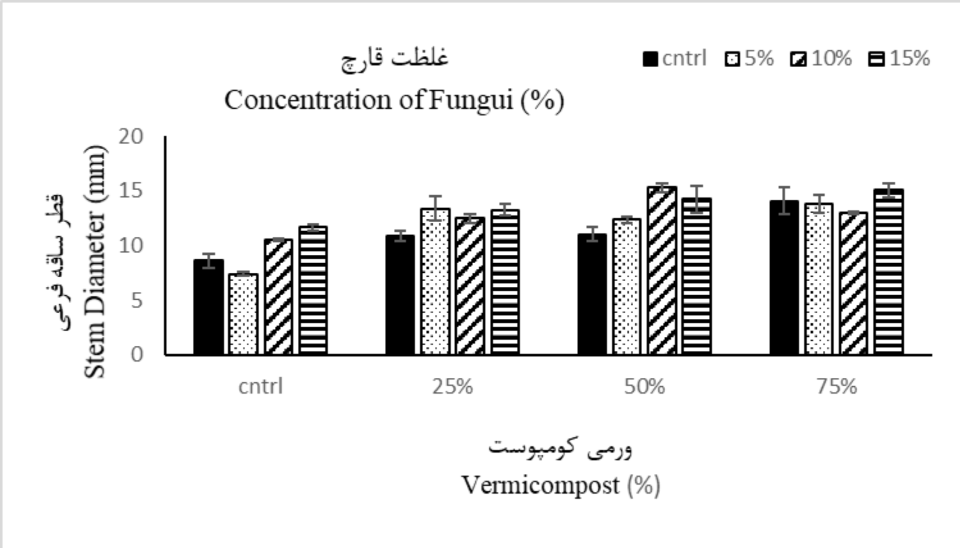
شکل ٤- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان تعداد برگ در گیاه کرفس

Figure 4- The interaction effect of vermicompost ×concentration of *Trichoderma* fungi on leaves number in celery (LSD, *p≤0.05*)

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی‌دار استفاده از قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به تنهایی در سطح احتمال ۱ درصد، اثر متقابل این تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین قطر ساقه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد مشاهده شد (۱۵/۲۶میلی‌متر) و با اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد و همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان قطر ساقه در اثر متقابل سطح ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۵ درصد (۷/۴ میلی‌متر) مشاهده شد (شکل ۵). نتایج محققان دیگر مبنی بر اینکه ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث افزایش میزان قطر

ساقه شود مطابقت دارد (۵). گزارش شده است که افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مثل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین می‌شود که از طرفی افزایش سیتوکینین باعث افزایش سطح تقسیم سلولی و در نهایت باعث افزایش در قطر ساقه گیاهان می‌شود (۱۳).



شکل ۵- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر قطر ساقه فرعی در گیاه کرفس

Figure 5- The interaction effect of vermicompost ×the concentration of *Trichoderma* fungi on stem diameter of Celery (LSD, *p≤0.05*)

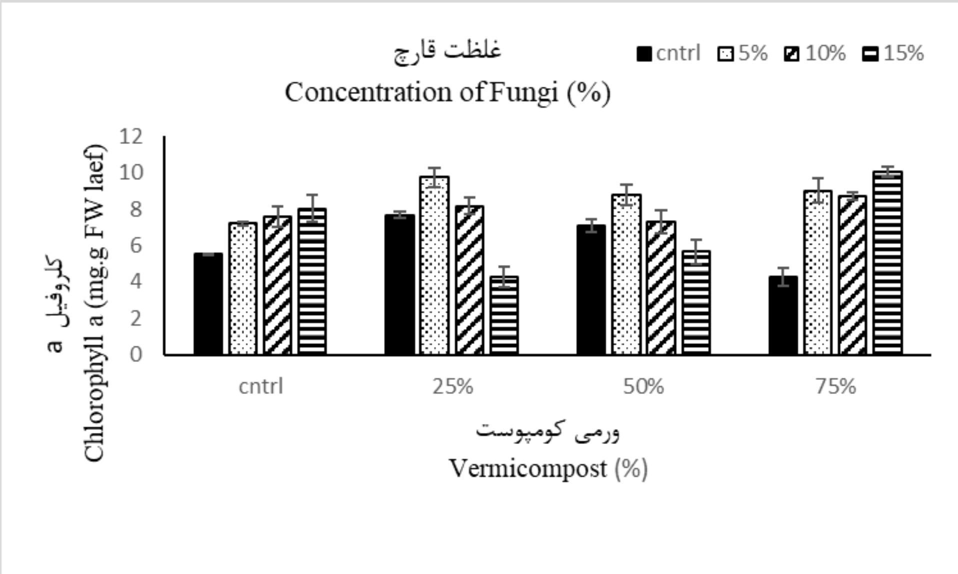
کلرفیل a

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار کاربرد قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. همچنین کاربرد هم زمان قارچ تریکودرما و تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود اما تیمار ورمی‌کمپوست به تنهایی اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a نداشت (جدول ۲). اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر کلروفیل a در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان کلروفیل a در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد (۱۰/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد و بعد از آن اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت قارچ ۵ درصد و همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۵ درصد بیشترین میزان را داشتند. در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ بیشترین میزان کلروفیل در غلظت قارچ ۵ درصد مشاهده شد و کمترین میزان را غلظت قارچ ۱۵ درصد نشان داد (شکل ۶). بر اساس برخی یافته‌ها تاثیر مثبت برخی از سویه‌های تریکودرما بر میزان کلروفیل نشان داده شده است (۸). نیتروژن یکی از اجزاء ضروری در مولکول کلروفیل است. با توجه به اینکه نیتروژن بخشی از کلروفیل را تشکیل می‌دهد (یک اتم نیتروژن و چهار اتم کربن در حلقه‌های درون کلروفیل جای گرفته‌اند) و همچنین در ساختمان اسیدهای آمینه شرکت دارد، افزایش جذب این عنصر در اثر استفاده از کود شیمیایی حاوی نیتروژن و یا کودهای زیستی دارای نیتروژن (اعم از ورمی‌کمپوست)، می‌توانند در افزایش میزان کلروفیل نقش مهمی داشته باشد(۴).

کلروفیل b

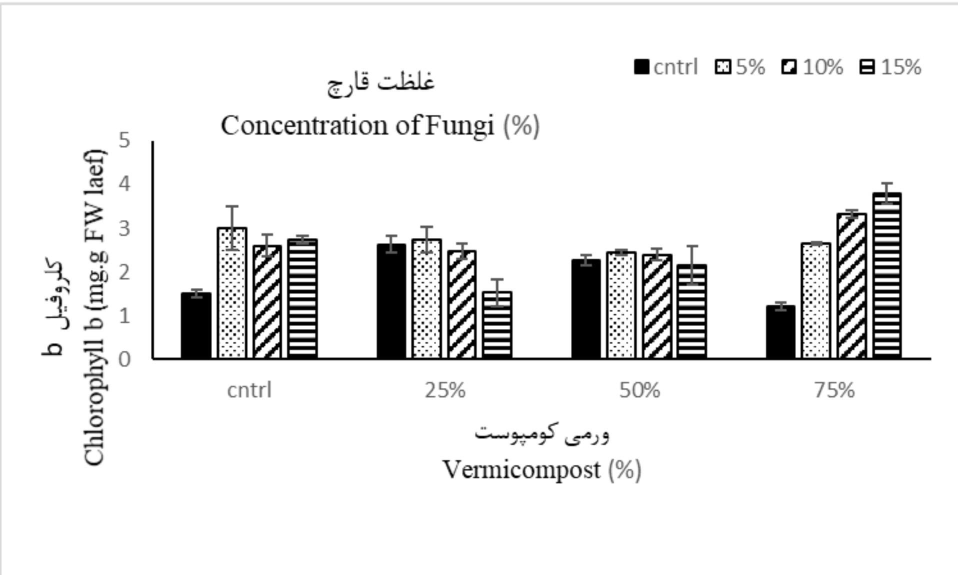
کاربرد قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلروفیل b اثر معنی‌داری داشت، این در حالی است که استفاده از ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری نداشت و اثر متقابل این دو با هم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان کلروفیل b در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد (۳/۷۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همچنین در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ کمترین میزان کلروفیل b در غلظت ۱۵ درصد مشاهده شد (شکل ۷). با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، گزارشاتی هم سو و منطبق در رابطه با افزایش میزان و محتوی کلروفیل در برگ‌های فلفل در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده شد (۳۷). که این افزایش

احتمالا به دلیل افزایش سطح نیتروژن در اثر کاربرد و استفاده از ورمی‌کمپوست می‌تواند افزایش رشد و میزان کلروفیل را در پی داشته باشد (۲۹).



شکل ٦- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان کلروفیل a در گیاه کرفس

Figure 6- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on chlorophyll a content of Celery leaf (LSD, *p≤0.05*)



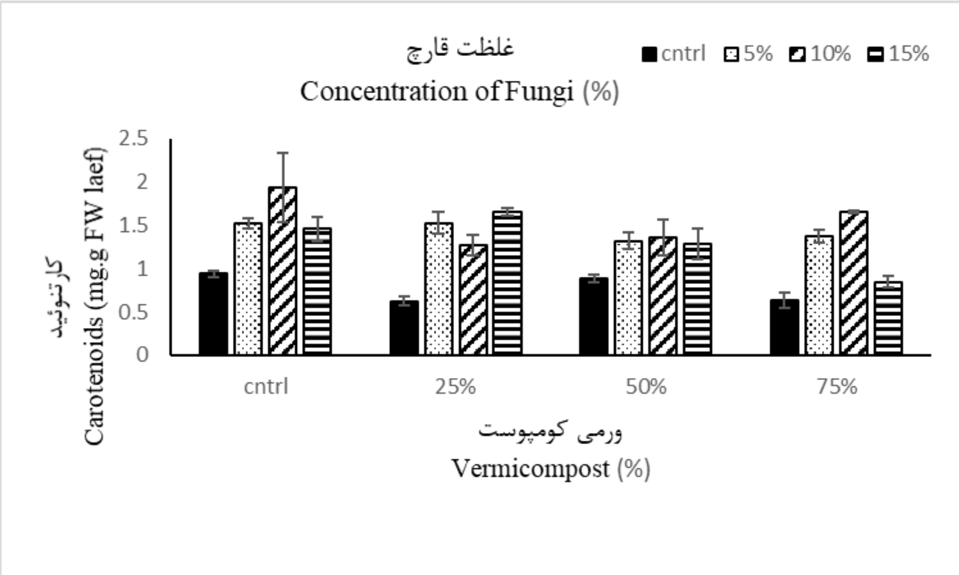
شکل ۷- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان کلروفیل b در گیاه کرفس

Figure 7- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on chlorophyll b content of Celery leaf (LSD, *p≤0.05*)

کاروتنوئید

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی‌دار استفاده از قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به تنهایی در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به همراه اثر متقابل معنی‌دار این تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان کارتنوئید در اثر متقابل ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد (۱/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ کمترین

میزان کاروتنوئید را غلظت قارچ صفر درصد داشت و بین سایر غلظت‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همچنین در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ کمترین میزان کاروتنوئید در غلظت صفر درصد مشاهده شد (شکل ۸). به نظر می‌رسد که قارچ تریکودرما با تاثیر فزاینده‌ای که بر جذب عناصر و به تبع آن افزایش اندام‌های فتوسنتزی دارد که نقش مثبت و مؤثری بر میزان کارتنوئید داشته‌اند، زیرا کاروتنوئیدها توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند (۲۱). بر اساس تحقیقات سایر محققین استفاده از ترکیب ورمی‌کمپوست نه در غلظت‌های بالا در بستر کاشت باعث افزایش میزان کاروتنوئید برگ شلغم روغنی شد (۴۳) که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد.



شکل ۸- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان کاروتنوئید در گیاه کرفس

Figure 8- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on carotenoid content of Celery leaf (LSD, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش و سایر پژوهش‌های صورت گرفته بر روی ورمی کمپوست به عنوان یک کود غنی شده که دارای آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد متعددی است و همچنین قارچ تریکودرما می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که استفاده از کودهای زیستی در تولید محصولی با کیفیت بالا نقش بسزایی دارند. همچنین اثری که از آنها در یافت می‌کنیم بستگی به غلظت مورد استفاده دارد اما در نهایت حتی کابرد آنها در کمترین غلظت نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش رشد و نمو و بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه مد نظر شدند. در مجموع نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد در غالب صفات مورد بررسی، تلفیق ورمی‌کمپوست و تریکودرما برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه آنها دارد و با توجه به نتایج برتری اکثریت صفات در زمان کاربرد توام این دو با هم حاصل شد. بنابراین استفاده تلفیقی از تریکودرما و ورمی‌کمپوست بر اساس آنچه در نتایج آمده است (استفاده هم زمان از عصاره قارچ ۱۵ درصد و ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد) در جهت بهبود رشد و عملکرد گیاه، توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل حمایت مالی پروژه (طرح شماره ۵۱۹۹۸) نهایت قدردانی را دارند.

منابع

1- Arancon N., Edwards C., and Bierman P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology 97(6): 831-840 .

2- Arancon N., Edwards C., Bierman P., Welch C. and Metzger J. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93(2): 145-153 .

3- Arancon N.Q., Galvis P.A., and Edwards C.A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology 96(10): 1137-1142 .
4- Argüello J.A., Ledesma A., Núñez S.B., Rodríguez C.H., and Goldfarb M.D.C.D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality ofRosado Paraguayo'garlic bulbs. Hortscience 41(3): 589-592 .
5- Atiyeh R., Lee S., Edwards C., Arancon N., and Metzger J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 14-7(1): 84 .
6- Badole S., More S., Adsul P., Shaikh A., and Dhamak A. 2004. Residual effect of organic manures and inorganic fertilizers on yield and gross monetary returns of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Soils and Crops 14(1): 196-19.
7- Benítez T., Rincón A.M., Limón M.C., and Codon A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. International Microbiology 7(4): 249-260 .
8- Chaves F., Ming L.C., Ehlert P., Meireles M., and Fernandes D. 2001. Influence of Organic Fertilisation on Leaves and Essential Oil Production of Ocimum gratissimum L. Paper presented at the International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant 576.
9- Claire J.R.O. 2001 .Effects of vermicompost applied in a high tunnel. & Quiet Creek Herb Farm, B., PA. FNE03-486 .
10- Clevely A. 2000. Herbs, A user's guide and identifier. Harmers House, London.
11- Cutler H.G., Cox R.H., Crumley F.G., and Cole P.D. 1986. 6-Pentyl-α-pyrone from Trichoderma harzianum: its plant growth inhibitory and antimicrobial properties. Agricultural and Biological Chemistry 50(11): 2943-2945 .
12- Ders S.G.T.S R. S.1999. d. o. c.-a., b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Journal of Botany 22: 13-17 .
13- De Sanfilippo E.C., Argüello J., Abdala G. and Orioli G. 1990. Content of auxin-inhibitor-and gibberellin-like substances in humic acids. Biologia Plantarum (32): 346-351.
14- Gajalakshmi S., and Abbasi S. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of Crossandra undulaefolia, and on several vegetables. Bioresource Technology 85(2): 197-199 .
15- Gajdoš R. 1997. Effects of two composts and seven commercial cultivation media on germination and yield. Compost Science & Utilization 5(1): 16-37 .
16- Haggag W.M., and Abo-Sedera S. 2005. Characteristics of three Trichoderma species in peanut haulms compost involved in biocontrol of cumin wilt disease. International Journal of Agriculture and Biology 7: 222-229 .
17- Harman G.E. 2006. Overview of Mechanisms and Uses of Trichoderma spp. Phytopathology 96(2): 190-194 .
18- Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., and Lorito M. 2004. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2(1): 43 .
19- Hidalgo P., Sindoni M., Matta F., and Nagel D.H. 1999. Earthworm castings increase germination rate and seedling development of cucumber. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Research Report 1999, 22 .
20- Hoitink H., Madden L., and Dorrance A. 2006. Systemic resistance induced by Trichoderma spp.: interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. Phytopathology 96(2): 186-189 .
21- Inze D. and Montagu MV. 2000. Oxidative stress in plants.
22- Jayalal R., and Adikaram N. 2007. Influence of Trichoderma harzianum metabolites on the development of green mould disease in the oyster mushroom .
23- Joshi R. and Vig A.P. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill). African Journal of Basic and Applied Sciences (2): 117-123.
24- Karmegam N., and Daniel T. 2000. Effect of biodigested slurry and vermicompost on the growth and yield of cowpea, Vigna unguiculata (L.) Walp. Variety Cl. Environment and Ecology 18(2): 367-370 .
25- Korikanthimath, V. S. V. u. w. a. i. c., & (813), g. a. A. X .
26- KüÇük Ç., Kivan Ç., M., Kinaci E., and Kinaci G. 2007. Efficacy ofTrichoderma harzianum (Rifaii) on inhibition of ascochyta blight disease of chickpea. Annals of Microbiology 57(4): 665-668 .
27- Lazcano C., and Domínguez J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. Soil Nutrients 10: 1-23 .
28- Maheshbabu H., Hunje R., Biradar Patil N. and Bablad H. 2010. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21: 268-276.
29- Marschner H. M. N. o. H. P. A. P., London .
30- Mastouri F., Björkman T., and Harman G.E. 2010. Seed treatment with Trichoderma harzianum alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathology, 100(11): 1213-1221 .
31- Mcginnis M., Cooke A., Bilderback T., and Lorscheider M. 2003. Organic fertilizers for basil transplant production. Acta Horticulturea 491: 213-218 .
32- Moghadam A.R.L., Ardebili Z.O., and Saidi F. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development

of Lilium Asiatic hybrid var. Navona. African Journal of Agricultural Research 7(17): 2609-2621.
33- Mokhtar M., and El-Mougy N. 2014. Bio-compost application for controlling soil-borne plant pathogens–a review. Population 4: 61-68 .
34- Mottaghian A., Pirdashti H., Bahmanyar M.A., Shahsavari A., and Hasanpour R. 2009. Effect of three Trichoderma species and different amounts of enriched municipal waste compost on growth parameters in spinach (*Spinacia oleracea*). 5th International Scientific Conference of Iran and Russia on Agricultural Development Problems. Saint Petersburg, Russia. pp: 267-270 .
35- Muscolo A., Bovalo F., Gionfriddo F., and Nardi S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on Daucus carota cell growth and nitrate metabolism. Soil biology and Biochemistry 31(9): 1303-1311 .
36- Narender P., Malik T.P. and Mangal J.L. 2002. Effect of FYM and vermicompost, & on tomato (Lycopersicon esculantum Mill VAR.SEL-7). XXVI th International horticultural congress. Toronto, C. h. a. a. s. f. l .
37- Narkhede S., Attarde S., and Ingle S. 2011. Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chilli pepper plant (*Capsicum annum*). Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation 6(3): 327-332 .
38- Ousley M.A., Lynch J.M., and Whipps J.M. 1994. Potential of Trichoderma spp .as consistent plant growth stimulators. Biology and Fertility of Soils 17(2): 85-90 .
39- Ozbay N., Newman S.E., and Brown W.M. N2004. The effect of theTrichodermaharzianumstrains on the growth of tomato seedlings ,ActaHort (635): 131-135
40- Papavizas G., and Lumsden R. 1982. Improved medium for isolation of Trichoderma spp. from soil [Fungi]. Plant Diseases (USA) .
41- Patterson D. 1981. Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological responses of soybean (*Glycine max*). Weed Science 53-59 .
42- Production C. C. R. A. B. C. A. P. M. S. P. f. C. C .
43- Pant A.P., Radovich T.J.K., Hue N.V., Talcott S.T., and Krenek K.A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. Journal Science Food Agriculture 89: 2383-2392.
44- Pandurang M.U. 2013. Efficacy of weed vermicompost and chemical fertilizer on yield, morpho-physiological and biochemical investigations of maize. African Journal of Biotechnology 14: 3786-3791.
45- Patra P. and Biswas S. 2009. Integrated nutrient management on growth, yield and economics of maize (Zea mays L) under terai region. Journal of Crop and Weed 5(1): 136-139.
46- Samuels G.J. 1996. Trichoderma: a review of biology and systematics of the genus. Mycological Research 100(8): 923-935 .
47- Senesi N., Saiz-Jiminez C., and Miano T. 1992. Spectroscopic characterization of metal-humic acid-like complexes of earthworm-composted organic wastes. Science of the total Environment 117: 111-120 .
48- Singh R., Sharma R., Kumar S., Gupta R., and Patil R. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria* x *ananassa* Duch.). Bioresource Technology 99(17): 8507-8511 .
49- Singh V., Singh P., Yadav R., Awasthi S., Joshi B., Singh R., and Duttamajumder S. 2010. Increasing the efficacy of Trichoderma harzianum for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry 2(4): 66-71 .
50- Vinale F., Ambrosio G .D., Abadi K., Scala F., Marra R., Turrà D., and Lorito M. 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters, and their compatibility with copper oxychloride. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences) 30(4): 425 .
51- Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo S.L., and Lorito M. 2008. Trichoderma–plant–pathogen interactions. Soil biology and Biochemistry 40(1): 1-10 .
52- Windham M.T., Elad Y. and Baker R. 1986. A mechanism for increased plant growth induced by Trichodermaspp. , Phytopathology 76: 518-552.
53- Yazdani M., Pirdashti H., Tajik M., and Bahmanyar M. 2008. Effect of Trichoderma spp. and different organic manures on growth and development in soybean [Glycine max (L.) Merril.
54- Yedidia I., Srivastva A.K., Kapulnik Y., and Chet I. 2001. Effect of Trichoderma harzianum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil 235(2): 235-242 .

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 389-403
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۰۳-۳۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Growth Changes of Celery (*Apium graveolens*) under Treated, Vermicompost and *Trichoderma harzianum* BI

Sh. Ahooi[1]- L. Ajdanian[2]- H. Nemati[3]- H. Aroiee[4*]- M. Babaei[5]
Received: 29-10-2018
Accepted: 03-03-2020

Introduction: In the past decades, chemical fertilizers are used by farmers have numerous environmental impacts, including various types of water and soil contamination, and cause many problems to human health and other organisms. Sustainable agricultural policy and sustainable agricultural development have prompted experts to make greater use of soil organisms to meet the plant's nutritional needs, and that is why the production of biofertilizers began. Biological imbalances in the field of sustainable agriculture can be attributed to the fungi of myoderma and its species. According to various studies, it seems that this microorganism having high ability to compete for food and space, and the establishment of spores in the environment and in particular soil around the roots of most crops and non-farm and can induce plant resistance not only reduces pathogen agents Vermicompost is a microbiologically rich, nutrient-rich, organic modifier that is produced by the interaction between earthworms and microorganisms during the decomposition of organic matter. This type of organic fertilizer contains the waste of certain species of earthworms as a result of alteration, conversion, and relative organic residues as they pass through the digestive tract of these animals. Research has shown that vermicompost has a positive effect on growth, crop development, and crop yield. The aim of this study was to investigate the effect of different amounts of vermicompost and different concentrations of Trichoderma Bi isolate on different properties of celery.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effects of Trichoderma and vermicompost as a biofertilizer promoting growth in research greenhouse at the Ferdowsi University of Mashhad with an average daily temperature of 15-27 °C and relative humidity of 40-70%. The present study was a factorial experiment based on a completely randomized design with three replicates as a pot experiment under no-tillage conditions in the greenhouse. The first factor consisted of four concentrations of Trichoderma harizianum isolate Bi: zero percent (control), 5%, 10%, and 15% volume of 50 liters of water consumed. The second factor also included four vermicompost treatments: zero percent (control), 25 percent, 50 percent, and 75 percent pot volume. Celery seeds were sown in transplant trays. The transplants were ready for transfer to the main litter after 10 weeks. The pots used were of plastic-type with a span diameter of 20 cm and a height of 25 cm. The plant media consisted of a mixture of 20% cocoon and 80% perlite, the roots of which were easily separable. After full harvest of plants at the commercial size, when a complete set of petiole sets was created (40 days after transplanting) morphological traits including the fresh and dry weight of roots and stems, a number of leaves, stem diameter, stem and root lengths were evaluated. The dry and dry weight of plant root was measured using a digital marking scale and with an accuracy of 0.01 g. Dry weight was determined after placing the specimens in the oven at 72 ° C for 48 hours. Also, the stem diameter was measured using a caliper machine with 0.01 mm accuracy. Root and shoot lengths were measured separately in the laboratory by a ruler in cm. Chlorophyll a, b and carotenoids were read at 663 nm, 653 nm and 470 nm for absorption by spectrophotometer, respectively. Data were analyzed using JMP8 software and ANOVA was performed using the LSD test at 5% probability level. Charts were drawn using Excel 2013 software.

Results and Discussion: The results of this study showed a positive and optimal effect of combined vermicompost and Trichoderma fungi. The highest shoot dry weight (49.23 g), leaf number (46), stem diameter (15 mm) and chlorophyll and carotenoid were observed in the effect of vermicompost and Trichoderma fungi compared to the control treatment. The main stem length (77.20 cm) was affected by the fungus with a 10% concentration at the highest rate compared to other treatments. Also, 50% vermicompost treatment had the

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student, Graduated M.Sc., Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: aroiee@um.ac.ir)
5- Master of Biotechnology and Molecular Genetics of Horticultural Plants, Faculty of Agriculture, University of Tehran

highest root length (36.66 cm). The highest chlorophyll a was observed at 75% vermicompost interaction at 15% fungi concentration (10.02 mg / g fresh leaf weight). Application of vermicompost in the culture medium and application of Trichoderma fungus extract resulted in improved growth and yield. As can be seen in the results, the best treatment was 15% and 75% vermicompost, respectively. They can be used to improve plant growth and function. Many researchers believe that mainly isolates of Trichoderma produce biochemical stimuli to stimulate plant growth or reduce the inhibitory effects of certain compounds, biological and chemical toxins. According to available reports, the application of vermicompost with 30% volume in ornamental Lilium increased leaf area, fresh and dry weight of plant and plant height. So, fresh and dry weights of bean stem under vermicompost application significantly increased compared to the control treatment, which is in line with the results of this study. However, the researchers believe that the wet and dry weight gain of the plant body if used with vermicompost is probably due to the high amount of humic acids in this biofertilizer.

Conclusion: Based on the results of this study and other studies on vermicompost as an enriched fertilizer with numerous growth enzymes and hormones, as well as Trichoderma, it can be concluded that the use of bio-fertilizers plays an important role in the production of high-quality products. Also, the effect we find depends on the concentration used, but in the end, even their application at the lowest concentration compared to the control treatment increased growth and morphological characteristics of the plant. Overall, the results of this study showed that, in the case of the studied species, the combination of vermicompost and Trichoderma had a significant advantage over their separate application, and considering the superiority results of most traits at the time of application of these two together. Therefore, a combination of Trichoderma and vermicompost based on the results (concurrent use of 15% fungus extract and 75% vermicompost) is recommended to improve plant growth and yield.

Keywords: Biofertilizer, Concentration, Isolate Bi, Morphological